

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 351**

51 Int. Cl.:

G01B 11/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2009 PCT/EP2009/003275**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.06.2010 WO10069409**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2009 E 09776592 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 2370781**

54 Título: **Dispositivo y método para la medición óptica tridimensional de objetos fuertemente reflectantes o transparentes**

30 Prioridad:

19.12.2008 DE 102008064104

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

01.09.2020

73 Titular/es:

**AIMESS GMBH (100.0%)
Blumenthaler Landstraße 2
39288 Burg, DE**

72 Inventor/es:

**NABS, DAVID y
GENSECKE, KAI**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 781 351 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método para la medición óptica tridimensional de objetos fuertemente reflectantes o transparentes

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para la medición tridimensional de objetos con un procedimiento de medición topométrico.

10 Estado de la técnica

La detección tridimensional de superficies de objetos por medio de sensores ópticos de triangulación de acuerdo con el principio de la topometría son suficientemente conocidos. En este caso, se proyectan, por ejemplo, diferentes patrones de bandas sobre el objeto a medir, son observadas por una o varias cámaras y a continuación son evaluadas con la asistencia de un ordenador. Los métodos de evaluación son, por ejemplo, métodos de cambio de fases (Phase-Shift), enfoque de luz codificado o el método heterodino.

15

Un proyector ilumina el objeto de medición de forma secuencial en el tiempo con patrones de bandas claras y oscuras paralelas de la misma o de diferente anchura. En función de la forma del objeto y de la dirección de la visión se deforma el patrón de bandas proyectado. La cámara o bien las cámaras registran el patrón de bandas proyectado bajo un ángulo de visión conocido con respecto a la dirección de la proyección. Para cada patrón de proyección se registra una imagen con cada cámara. Para la evaluación de las mediciones es decisiva la línea límite (el canto) entre una banda clara y una banda oscura.

20

Para medir todo el objeto, se mueve el patrón sobre el objeto. Para cada punto de la imagen de todas las cámaras resulta de esta manera una secuencia de tiempo de diferentes valores de claridad. Para un punto dado del objeto se conocen las coordenadas de la imagen en la imagen de la cámara. A partir de la secuencia de valores de claridad, que han sido medidos a partir de la secuencia de la imagen para cada punto de la imagen de la cámara, se puede calcular el número de la banda. En el caso más sencillo, esto se realiza a través de un código binario (por ejemplo, código gris), que identifica el número de la banda como coordenadas discretas en el proyector.

30

Se puede conseguir una exactitud más elevada con el llamado método de cambio de fases, puesto que se puede determinar una coordenada no discreta, de manera que la posición de las fases de una señal modulada se determina por medio de mediciones puntuales de la intensidad. La posición de las fases de la señal se desplaza en este caso al menos dos veces alrededor de un valor conocido, mientras que en otro punto se mide la intensidad. A partir de tres o más valores de medición se puede calcular la posición de las fases. El método de cambio de fases se puede emplear o bien como complemento de un código gris o como método heterodino de medición absoluta (con varias longitudes de onda).

35

Los principios y las aplicaciones prácticas de tales métodos de medición topométrica se describen en detalle, por ejemplo, en "Bildverarbeitung und optische Messtechnik in der industriellen Praxis", 1993, Franzis-Verlag GmbH, Munich.

40

Sin embargo, si se quieren medir objetos, que son muy fuertemente reflectantes, como por ejemplo la carrocería laqueada de un automóvil, o que son incluso transparentes para luz visible, como por ejemplo superficies de cristal, los sistemas de medición conocidos hasta ahora que se basan en la proyección de bandas, no están en condiciones de detectar topométricamente tales objetos, puesto que sobre la superficie de tales objetos no es visible ningún patrón de proyección.

45

A partir del documento DE 202 16 852 U1 se conoce un principio para verificar superficies fuertemente reflectantes, que pueden detectar a través de reflectometría o deflectometría, por ejemplo, pandeos o abolladuras. Sin embargo, este dispositivo es inadecuado en virtud del principio de medición para detectar un objeto con suficiente exactitud o bien con la resolución necesaria.

50

Se conoce a partir del documento EP 1 391 176 A1 un dispositivo y un método para medir la topometría de una superficie con luz infrarroja.

55

La calidad de los resultados de la medición en el caso de la medición tridimensional de objetos por medio de proyección de bandas depende grandemente del contraste de la proyección con respecto a la luz ambiente.

60

Descripción de la invención

A la vista de los inconvenientes del estado de la técnica, la invención se basa en el problema de preparar un dispositivo para la medición óptica tridimensional de objetos transparentes para luz visible u objetos que reflejan

fuertemente la luz con un método de medición topométrica, que proporciona buenos contrastes en el patrón de proyección sobre los objetos.

5 Dicho problema se soluciona por medio del dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 y el método de acuerdo con la reivindicación 10.

10 El dispositivo de acuerdo con la invención para la medición tridimensional de un objeto comprende una primera instalación de proyección con una primera fuente de luz infrarroja para la proyección de un primer patrón móvil sobre el objeto, con lo que se puede estampar el primer patrón proyectado sobre el objeto como distribución de calor; y al menos una instalación de toma de imágenes para la toma de imágenes de la distribución de calor estampada sobre el objeto en una zona espectral infrarroja, en donde la primera instalación de proyección está configurada para proyectar el primer patrón de forma móvil sobre el objeto y desplazarlo entre las tomas.

15 La utilización de luz infrarroja para la proyección del patrón tiene la ventaja de que el patrón proyectado sobre el objeto a medir es estampado como distribución de calor, es decir, que las superficies correspondientes del objeto iluminadas con radiación infrarroja desde la dirección de proyección se diferencian frente a las superficies de este tipo no iluminadas del objeto por una diferencia de temperatura. Esta diferencia de temperatura se manifiesta de nuevo en una intensidad diferente de la radiación en la zona infrarroja de longitudes de ondas, especialmente de la llamada radiación térmica, que se puede registrar, por ejemplo, con una cámara de imágenes térmicas.

20 En este caso, hay que observar que la zona de longitudes de ondas del patrón infrarrojo irradiado no coincide necesariamente con la zona de longitudes de ondas que es irradiada por el objeto. De manera correspondiente se aplica también para la zona de longitudes de ondas para la que es sensible la instalación de toma de imágenes.

25 El patrón proyectado puede estar configurado especialmente en forma de puntos, lineal o superficial.

30 Un desarrollo del dispositivo de acuerdo con la invención consiste en que puede detectar una segunda instalación de proyección con una segunda fuente de luz infrarroja para la proyección de un segundo patrón móvil sobre el objeto. De esta manera, se pueden conseguir combinaciones de los dos patrones, de manera que especialmente la segunda instalación de proyección se puede disponer de tal forma que el segundo patrón se puede proyectar desde otra dirección y con otro ángulo.

35 Otro desarrollo consiste en que la primera fuente de luz infrarroja de la primera instalación de proyección presenta una primera superficie de emisión y/o de manera que la segunda fuente de luz infrarroja de la segunda instalación de proyección puede presentar una segunda superficie de emisión. Junto con una alta capacidad de radiación de la superficie de emisión caliente se emite el calor generado de una manera rápida y eficiente como radiación infrarroja.

40 Otro desarrollo consiste en que la superficie de emisión respectiva se puede calentar a través de una calefacción de resistencia respectiva. A través de la potencia calefactora eléctrica se posibilita una modulación directa rápida de la radiación-IR.

45 Otro desarrollo consiste en que la propia superficie de emisión respectiva puede definir el patrón a proyectar o en que el patrón respectivo se puede definir a través de un elemento de patrón respectivo con superficies transparentes u opacas para luz infrarroja, de manera que el elemento de patrón respectivo puede estar dispuesto entre la superficie de emisión respectiva y el objeto.

50 Otro desarrollo consiste en que el patrón respectivo es un patrón de franjas. Esto tiene la ventaja de que el canto entre las bandas es una línea recta, cuya deformación sobre el objeto se registra con la instalación de toma de imágenes.

55 Otro desarrollo consiste en que el dispositivo puede comprender, además, una instalación de evaluación para la evaluación de las imágenes tomadas por la instalación de toma de imágenes. Esta instalación de evaluación se puede realizar, por ejemplo, por medio de una unidad de cálculo, en la que se ejecuta un programa adecuado para el análisis topométrico de las imágenes tomadas. En particular, por ejemplo, a partir de la deformación de un canto de forma lineal se puede deducir la forma correspondiente de la superficie del objeto.

60 Otro desarrollo consiste en que la instalación de proyección respectiva puede presentar un cilindro provisto con una superficie de emisión, que es giratorio alrededor de su eje de cilindro. Esto tiene la ventaja de que de esta forma se puede proyectar de manera sencilla un patrón móvil (por ejemplo un patrón de bandas de la superficie de emisión o de un elemento del patrón) sobre el objeto.

Otro desarrollo consiste en que la instalación de toma de imágenes puede ser sensible para radiación infrarroja con una longitud de onda en el intervalo entre 1 μm a 1 mm, con preferencia en el intervalo de 3 μm a 50 μm , de manera especialmente preferida en el intervalo de 3 μm a 15 μm , de la manera más preferida en el intervalo de 3 μm a 5 μm

o de 8 μm a 14 μm . Esto posibilita especialmente el empleo de cámaras de imágenes térmicas, que encuentran aplicación para la termografía, y que son sensibles para la zona infrarroja media (3-15 μm). Para la zona espectral de 8 a 14 μm se pueden emplear, por ejemplo, detectores de galio-arseniuro o detectores de cadmio-mercurio-telururo.

5 El problema mencionado anteriormente se soluciona, además, a través del procedimiento de acuerdo con la invención para la medición tridimensional de un objeto con las etapas: proyección de un primer patrón infrarrojo sobre el objeto con una primera instalación de proyección con una primera fuente de luz infrarroja, con lo que se
10 estampa el primer patrón proyectado sobre el objeto como distribución de calor; toma de imágenes de la distribución del calor impresa sobre el objeto con al menos una instalación de toma de imágenes sensible para radiación infrarroja; y evaluación de las imágenes tomadas por la instalación de toma de imágenes en una instalación de evaluación con un método de evaluación topométrico, en donde el patrón se desplaza entre dos tomas.

15 Un desarrollo del método de acuerdo con la invención consiste en que puede presentar la otra etapa siguiente: proyección de un segundo patrón infrarrojo sobre el objeto con una segunda instalación de proyección con una segunda fuente infrarroja.

Otro desarrollo consiste en que el patrón respectivo puede ser un patrón de bandas.

20 Otro desarrollo consiste en que cada patrón se puede mover a través de la instalación de proyección respectiva con una velocidad predeterminada respectiva sobre el objeto. De esta manera se explora (escanea) el objeto, pudiendo realizarse tomas diferidas en el tiempo con la instalación de toma de imágenes (cámara).

25 Otro desarrollo consiste en que la instalación de proyección respectiva puede presentar un cilindro provisto con una superficie de emisión respectiva, que se gira alrededor de su eje de cilindro.

Otro desarrollo consiste en que la al menos una instalación de toma de imágenes se puede activar con las instalaciones de proyección. De esta manera, se pueden registrar secuencias predeterminadas de combinaciones de los patrones proyectados sobre la superficie.

30 Otro desarrollo consiste en que el procedimiento puede comprender la otra etapa: evaluación de las imágenes tomadas por la instalación de toma de imágenes en una instalación de evaluación con un procedimiento de evaluación topométrica. De esta manera, se puede analizar la estructura tridimensional de la superficie del objeto.

35 Otras formas de realización preferidas de la invención se describen a continuación con referencia a los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 muestra una primera forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra una segunda forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención.

Descripción de las formas de realización

45 La figura 1 muestra una primera forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención para la medición óptima tridimensional de un objeto 5 transparente a la luz o fuertemente reflectante con un procedimiento de medición topométrico, que presenta al menos un proyector con alta intensidad de luz infrarroja para obtener buenas relaciones de contraste.

50 La fuente de luz infrarroja 1a del proyector 1 se basa en una calefacción de resistencia, que calienta una superficie de emisión 1a. Junto con una capacidad de radiación alta de la superficie de emisión caliente se cede el calor generado de una manera rápida y eficiente como radiación infrarroja. A través de la potencia calefactora eléctrica se posibilita, además, una modulación directa rápida de la radiación-IR. En este caso, la superficie de emisión forma en este ejemplo directamente el patrón de bandas a proyectar. Otra posibilidad consiste en disponer una máscara con
55 el patrón entre la superficie de emisión y el objeto.

Puesto que el patrón de bandas debe migrar sobre la superficie del objeto 5, la instalación de acuerdo con la invención proporciona un patrón de bandas móvil, que presenta, por ejemplo, la forma de un cilindro 1 provisto con la superficie de emisión, que puede girar alrededor de su eje de cilindro.

60 El objeto 5 con el patrón proyectado es registrado por una cámara de imágenes térmicas 3. Las señales o bien los datos de la cámara son conducidos entonces a una instalación de evaluación 4 (por ejemplo, ordenador), en la que se ejecuta un programa para el análisis topométrico.

5 En función del material del objeto 5 y de su conductividad térmica, se puede seleccionar la intensidad de la radiación infrarroja por la instalación de proyección 1, de tal manera que la diferencia de temperatura es, por una parte, suficientemente grande para detectar un canto (una diferencia) entre una superficie iluminada y una superficie no iluminada con la instalación de toma de imágenes (cámara) 3, pero, por otra parte, tan reducida que este canto no se ensancha esencialmente durante la toma en virtud de la difusión del calor. Esto se debe a que la duración de tiempo de la difusión del calor es esencialmente inversamente proporcional a la diferencia de la temperatura. Con la selección de una intensidad adecuada de la radiación infrarroja y de una duración de tiempo adecuada entre tomas próximas en el tiempo se puede conseguir un buen contraste entre las zonas iluminadas y las zonas no iluminadas del objeto.

10 La figura 2 muestra una segunda forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención. Los mismos signos de referencia en la figura 1 y en la figura 2 designan los mismos elementos.

15 Frente a la primera forma de realización de acuerdo con la figura 1, la segunda forma de realización presenta un segundo proyector 2, de la misma manera en forma de un cilindro. Los dos patrones de emisión de forma cilíndrica, giratorios en un ángulo definido entre sí, se proyectan sobre la superficie del objeto. En este caso, ambos cilindros giran alrededor de su eje de cilindro, cada uno con una velocidad definida. El patrón de proyección que resulta de esta manera nuevo presenta propiedades, que se pueden evaluar más rápidamente y con alta resolución. Aparecen, por ejemplo patrones especiales sobre la superficie, que dependen de la velocidad de rotación y del ángulo entre los cilindros 1, 2 y se pueden ajustar de una manera definida para poder analizar mejor características especiales selectivas de las superficies del objeto.

20 Por lo demás, la cámara 3 (unidad de toma) es disparada con los proyectores 1, 2 de tal manera que sólo a través de la variación del disparo se pueden analizar patrones especiales adicionales sobre la superficie.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para la medición tridimensional de un objeto, que comprende: una primera instalación de proyección (1) con una primera fuente de luz infrarroja (1a) para la proyección de un primer patrón sobre el objeto, con lo que se puede estampar el primer patrón proyectado sobre el objeto como distribución de calor; y al menos una instalación de toma de imágenes (3) para la toma de imágenes de la distribución de calor estampada sobre el objeto en una zona espectral infrarroja; y una instalación de evaluación (4) para la evaluación topométrica de las imágenes tomadas por la instalación de toma de imágenes; **caracterizado** porque la primera instalación de proyección está configurada para proyectar el primer patrón móvil sobre el objeto y desplazarlo entre las tomas.
- 10 2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una segunda instalación de proyección (2) con una segunda fuente de luz infrarroja (2a) para la proyección de un segundo patrón móvil sobre el objeto.
- 15 3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la primera fuente de luz infrarroja de la primera instalación de proyección presenta una primera superficie de emisión y/o en el que la segunda fuente de luz infrarroja de la segunda instalación de proyección presenta una segunda superficie de emisión.
- 20 4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la superficie de emisión respectiva se puede calentar a través de una calefacción de resistencia respectiva.
- 25 5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en el que la superficie de emisión respectiva propiamente dicha define el patrón a proyectar, o en el que el patrón respectivo se define por un elemento de patrón respectivo con superficies transparentes y opacas para luz infrarroja y el elemento de patrón respectivo está dispuesto entre la superficie de emisión respectiva y el objeto.
- 30 6. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el patrón respectivo es un patrón de bandas.
- 35 7. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que la instalación de proyección respectiva presenta un cilindro provisto con la superficie de emisión, que es giratorio alrededor de su eje de cilindro.
- 40 8. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la instalación de toma de imágenes para radiación infrarroja es sensible con una longitud de onda en el intervalo entre 1 μm a 1 mm, con preferencia en el intervalo de 3 μm a 50 μm , de manera especialmente preferida en el intervalo de 3 μm a 15 μm , de la manera más preferida en el intervalo de 3 μm a 5 μm o de 8 μm a 14 μm .
- 45 9. Procedimiento para la medición tridimensional de un objeto (5) con las etapas: proyección de un primer patrón infrarrojo sobre el objeto con una primera instalación de proyección (1) con una primera fuente de luz infrarroja (1a), con lo que se estampa el primer patrón proyectado sobre el objeto como distribución de calor; toma de imágenes de la distribución del calor impresa sobre el objeto con al menos una instalación de toma de imágenes sensible para radiación infrarroja (3); y evaluación de las imágenes tomadas por la instalación de toma de imágenes en una instalación de evaluación (4) con un método de evaluación topométrico, **caracterizado** porque el patrón se desplaza entre dos tomas.
- 50 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, con la otra etapa: proyección de un segundo patrón infrarrojo sobre el objeto con una segunda instalación de proyección (2) con una segunda fuente infrarroja (2a).
- 55 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el patrón respectivo es un patrón de bandas.
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 11, en el que cada patrón se mueve a través de la instalación de proyección respectiva con una velocidad predeterminada respectiva sobre el objeto.
13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la instalación de proyección respectiva presenta un cilindro provisto con una superficie de emisión respectiva, que se gira alrededor de su eje de cilindro.
14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, en el que la al menos una instalación de toma de imágenes se dispara con la instalación de proyección.

Fig.1

- 1 - Instalación de proyección
- 1a - Fuente de luz infrarroja
- 3 - Instalación de toma de imágenes
- 4 - Unidad de evaluación
- 5 - Objeto

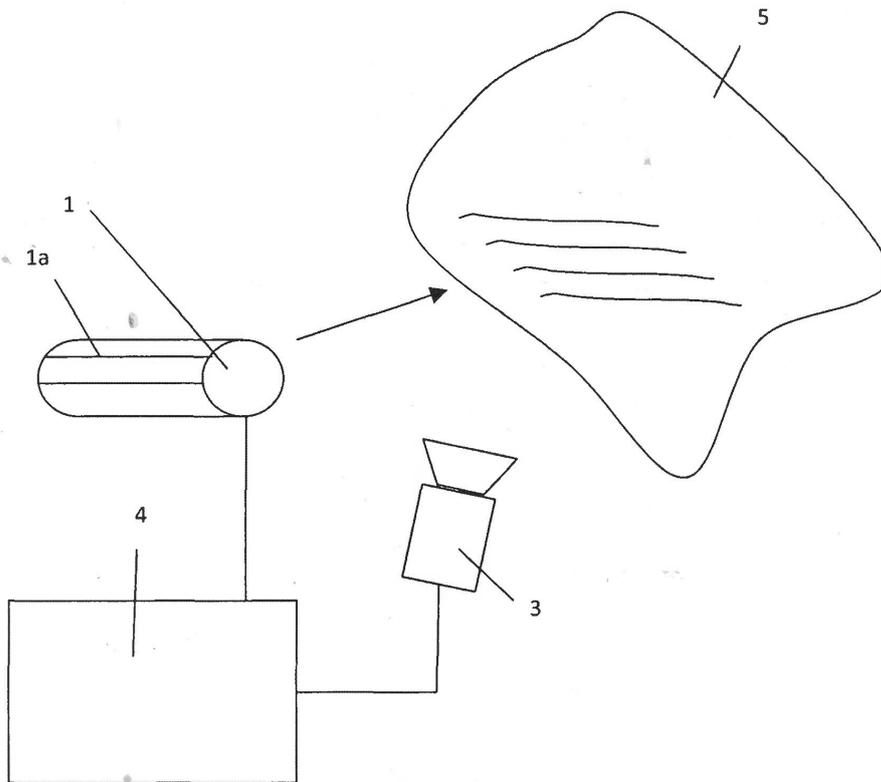


Fig.2

- 1, 2 - Instalación de proyección
- 1a, 2a - Fuente de luz infrarroja
- 3 - Cámara de imagen térmica
- 4 - Unidad de evaluación
- 5 - Objeto

